

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-043549

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl.

G11B 7/095

G11B 7/135

(21)Application number : 11-214251

(71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 28.07.1999

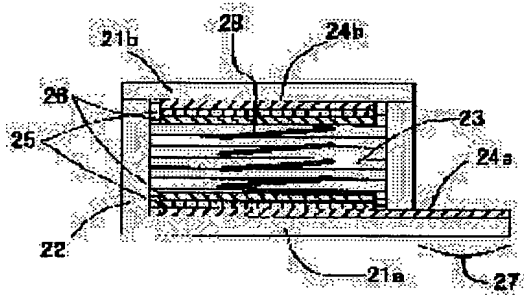
(72)Inventor : NOMURA TAKUJI

## (54) OPTICAL HEAD DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain high light transmittance under a desired impressing voltage by forming plural divided electrodes which are arranged at interval on one side of the substrate of a phase correcting element consisting of an an-isotropic optical medium held between transparent substrates and controlling the length of the interval to a specified length or shorter.

**SOLUTION:** Glass substrates 21a and 21b are bonded with a sealing material 22 consisting of a spacer made of glass and a conductive spacer consisting of resin having gold and the like coated on the surface thereof. Electrodes 24a and 24b consisting of a transparent electrode film such as an ITO film, an insulating film 25 consisting essentially of silica and an alignment layer 26 are formed on inner liquid crystal side surfaces of the glass substrates 21a and 21b. The electrode 24a is wired to a phase correcting element controlling circuit with a connecting line of an electrode drawing part 27. The inner part of the liquid crystal cell is filled with nematic liquid crystal. The electrode 24a has plural electrodes divided in accordance with purposes for correcting spherical aberration, astigmatism, a tilt and the like and formed by photolithography and the interval between any two electrodes adjacent to each other is specified to be 7  $\mu\text{m}$  or shorter.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-43549

(P2001-43549A)

(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 7/095

7/135

識別記号

F I

G 1 1 B 7/095

7/135

テマコード\* (参考)

G 5 D 1 1 8

A 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-214251

(22) 出願日

平成11年7月28日 (1999.7.28)

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区有楽町一丁目12番1号

(72) 発明者 野村 琢治

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社内

Fターム (参考) 5D118 AA13 BA01 BB02 BF02 BF03

CD04 DC03 DC16

5D119 AA09 AA21 BA01 DA01 DA05

EC01 EC02 EC04 EC13 EC14

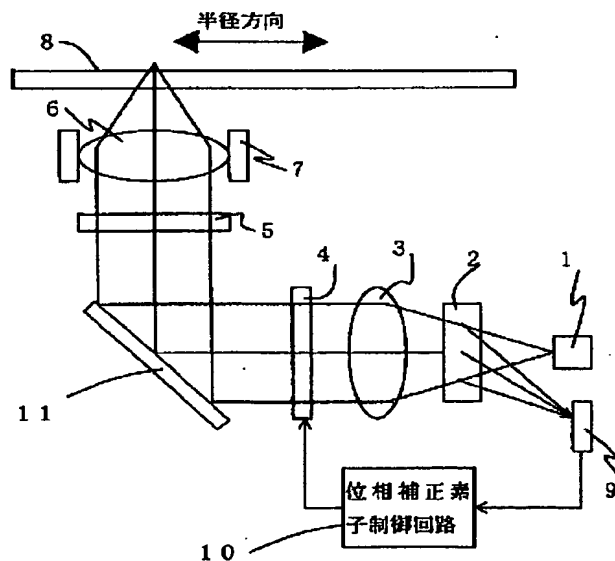
JA30 JA32 JA43 JB03

(54) 【発明の名称】 光ヘッド装置

(57) 【要約】

【課題】 電圧印加により制御する位相補正素子を備えた光ヘッド装置で、位相補正素子の光の透過率が高くかつ波面収差を低減させた装置とする。

【解決手段】 位相補正素子4の基板には、複数の分割電極を有し、各分割電極間のギャップを $7\mu\text{m}$ 以下とし、半導体レーザ1からの出射光の分割電極ごとの位相を、位相補正素子制御回路10から位相補正素子4に制御信号を加えて変化させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】光源と、光源からの出射光を光記録媒体上に集光させるための対物レンズと、光源と対物レンズとの間に、出射光の波面を変化させる位相補正素子とを備えた光ヘッド装置であって、

前記位相補正素子は少なくとも一方が透明な一对の基板に挟持された異方性光学媒質を備えており、前記一对の基板の少なくとも透明な一方には間隔をおいて配置された複数の分割電極が形成され、前記分割電極間の間隔が  $7\mu\text{m}$  以下であり、

さらに前記位相補正素子に波面を変化させるための制御信号を発生する制御信号発生手段を備えていることを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項 2】前記異方性光学媒質の常光屈折率と異常光屈折率との差  $\Delta n$  と、前記異方性光学媒質の光透過方向の厚み  $d$  との積  $\Delta n \cdot d$  が  $0.5\mu\text{m}$  以上である請求項 1 に記載の光ヘッド装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクなどの光記録媒体の光学的情報の記録・再生を行う光ヘッド装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ディスクである DVD は、同じく光ディスクである CD に比べデジタル情報が高密度で記録されており、DVD を再生するための光ヘッド装置は、光源の波長を CD の  $780\text{nm}$  よりも短い  $650\text{nm}$  または  $635\text{nm}$  としたり、対物レンズの開口数 (NA) を CD の  $0.45$  よりも大きい  $0.6$  にして光ディスク面上に集光するスポット径を小さくしている。

【0003】さらに、次世代の光記録においては光源の波長を  $400\text{nm}$  程度、NA を  $0.6$  以上とすることで、より大きな記録密度を得ることが提案されている。しかし、光源の短波長化や対物レンズの高 NA 化により、光ディスク面が光軸に対して直角より傾くチルトの許容量や光ディスクの厚みむらの許容量が小さくなる。

【0004】これら許容量が小さくなるのは、光ディスクのチルトの場合にはコマ収差が発生し、光ディスクの厚みむらの場合には球面収差が発生するために、光ヘッド装置の集光特性が劣化して信号の読み取りが困難になることによる。高密度記録においては光ディスクのチルトや厚みむらに対する光ヘッド装置の許容量を上げるためにいくつかの方式が提案されている。

【0005】一つの方式として、通常光ディスクの接線方向と半径方向との 2 軸方向に移動する対物レンズのアクチュエータに、検出されたチルト角に応じて対物レンズを傾けるように傾斜用の軸を追加する方式がある。しかし、この追加方式では球面収差は補正できないことや、アクチュエータの構造が複雑になる問題がある。

【0006】また別の方式として、対物レンズと光源と

の間に備えた位相補正素子により波面収差を補正するものがある。この補正方式では、アクチュエータに大幅な改造を施すことなく光ヘッド装置に素子を組み入れるだけでチルトの許容量や光ディスク厚みむらの許容量を上げることができる。

【0007】例えば、位相補正素子を用いて光ディスクのチルトを補正する上記の補正方式に特開平 10-20263 がある。これは、位相補正素子を構成している液晶などの複屈折性材料を挟持している基板に、電極が分割されて形成された分割電極に電圧を印加して、複屈折性材料の実質的な屈折率を光ディスクのチルト角に応じて変化させ、この屈折率の変化により発生した透過光の位相変化により、光ディスクのチルトで発生したコマ収差を補正する方式である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述した位相補正素子には、透過光の位相変化を発生させるために、複屈折性材料に電圧を印加する複数の分割電極を形成する必要がある。それぞれの分割電極間のギャップには電極がなく電圧を印加できないため、電圧が印加されたときギャップと分割電極の境界で電界分布が不均一となり、液晶分子の配向が不均一になる。その結果、電圧の印加によりギャップと分割電極との境界付近で屈折率が一定でなく分布が生じ、屈折率分布のある部分で光が回折されて光記録媒体に入射する光量が減少するので、信号の読み取り精度が低下する。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、光源と、光源からの出射光を光記録媒体上に集光させるための対物レンズと、光源と対物レンズとの間に、出射光の波面を変化させる位相補正素子とを備えた光ヘッド装置であって、前記位相補正素子は少なくとも一方が透明な一对の基板に挟持された異方性光学媒質を備えており、前記一对の基板の少なくとも透明な一方には間隔をおいて配置された複数の分割電極が形成され、前記分割電極間の間隔が  $7\mu\text{m}$  以下であり、さらに前記位相補正素子に波面を変化させるための制御信号を発生する制御信号発生手段を備えていることを特徴とする光ヘッド装置を提供する。また、前記異方性光学媒質の常光屈折率と異常光屈折率との差  $\Delta n$  と、前記異方性光学媒質の光透過方向の厚み  $d$  との積  $\Delta n \cdot d$  が  $0.5\mu\text{m}$  以上である上記の光ヘッド装置を提供する。

## 【0010】

【発明の実施の形態】図 1 に本発明の光ヘッド装置の原理構成の概念的断面図を示す。図 1 に示した光ヘッド装置は CD または DVD などの光ディスク 8 に記録された情報を再生するためのものであり、光源である半導体レーザ 1 などから出射した光は例えばホログラムタイプの偏光ビームスプリッタ 2 を透過した後、コリメートレン

ズ 3 により平行光となり、立ち上げミラー 11 で  $90^\circ$  方向に反射され、位相補正素子 4、4 分の 1 波長板 5 を透過した後、対物レンズ 6 により光ディスク 8 上に集光される。ここで、位相補正素子 4 を構成している一對の基板はともに透明である。

【0011】集光された光は光ディスク 8 により反射され対物レンズ 6、4 分の 1 波長板 5、位相補正素子 4、コリメートレンズ 3 を順次先程とは逆に透過した後、偏光ビームスプリッタ 2 により回折され光検出器 9 に入射する。前述の半導体レーザー 1 からの出射光が光ディスク 8 により反射される際、光ディスクの面上に記録された情報により反射光は振幅変調され、光検出器 9 により光強度信号として記録情報を読み取ることができる。

【0012】偏光ビームスプリッタ 2 は例えば偏光性のホログラムを備えており、異方性方向（屈折率の差がある方向）に偏光成分を有する光を強く回折して光検出器 9 に導く。光検出器 9 より得られる光ディスクの例えば再生信号の強度が最適となるように、位相補正素子 4 に向けて制御信号発生手段である位相補正素子制御回路 10 により制御信号が発生（出力）される。位相補正素子制御回路 10 より出力される制御信号は、光ディスクのチルト量や対物レンズのシフト量に応じた電気信号であり、位相補正素子 4 の分割電極に印加する実質的に変化する電圧となる。

【0013】また立ち上げミラー 11 は、半導体レーザー 1 より出射した光をほぼ  $90^\circ$  方向に反射させ光ディスクに入射させるものであり、光ヘッド装置の厚み（光ディスク 8 の面に垂直な方向）を薄くするには不可欠な光学部品である。通常は、ガラス表面に Al などの高反射膜を蒸着したものが使用される。

【0014】次に本発明において使用する位相補正素子の構成を図を用いて説明する。図 2 は本発明における位相補正素子の断面図である。異方性光学媒質には、ニオブ酸リチウムなどの光学結晶や液晶などが使用できる。ここでは、液晶を使用するものとして説明する。

【0015】ガラス基板 21 a、21 b が、シール材 22 により接着され液晶セルを形成している。シール材 22 にはガラス製のスペーサと樹脂の表面に金などを被膜した導電性スペーサが含有されている。ガラス基板 21 a、21 b の液晶セルの内側表面には、電極 24 a、24 b およびシリカを主成分とする絶縁膜 25 と配向膜 26 が被膜されており、液晶セルの外側表面には反射防止膜が被膜されている。

【0016】電極 24 a は電極引出部 27 で接続線によって位相補正素子制御回路と接続できるようパターン配線されている。また電極 24 b は前述の導電性スペーサによりガラス基板 21 a 上に形成された電極と電気的に接続しており、電極 24 a 同様、電極引出部 27 で接続線によって位相補正素子制御回路と接続できる。液晶セル内部には液晶 23 が充填されており、図 2 に示した液

晶分子 28 は、一方向に配向されたホモジニアス配向の状態にある。電極 24 a、24 b の材質は透過率が高い方が望ましく、ITO などの透明導電膜を使用すればよい。

【0017】また配向膜の材料としては、液晶分子 28 のプレチルト角が  $2 \sim 10^\circ$  となればよく、ポリイミド膜を図の紙面に平行で左右方向にラビングしたものや、シリカ膜を斜め蒸着したものなどがよい。液晶材料はディスプレイ用途などに用いられるネマティック液晶がよく、カイラル剤の添加によりツイストさせてもよい。

【0018】所望の波面変化（位相変化）量を得る手段として液晶の複屈折性を利用する場合、液晶の常光屈折率と異常光屈折率の差を大きくして液晶セルの間隔を小さくした方が応答性を高くでき望ましい。しかし、液晶セルの間隔が小さくなるほど液晶セルの製作が困難になるため、液晶の常光屈折率と異常光屈折率の差は 0.1 ～ 0.2、液晶セルの間隔は  $2 \sim 5 \mu\text{m}$  程度とすることが望ましい。図 1 に示した光ヘッド装置の場合、光は位相補正素子 4 を透過するため、電極 24 a、24 b の材質は透過率が高い方が望ましく、ITO などの透明導電膜を使用すればよい。この場合は位相補正素子 4 を透過型素子として使用している。

【0019】しかし、電極 24 a、24 b のいずれか一方を Al または Cr などの反射率の高い材質を用いて作製し、位相補正素子 4 を反射型素子として使用できる。その場合、図 1 の立ち上げミラー 11 の代わりにこの位置に位相補正素子 4 を設置する。最初に光が入射する側の電極（例えば電極 24 a）を高透過率で分割された透明電極にして、他方の電極（例えば電極 24 b）を高反射率の電極にすれば、位相補正素子 4 に入射した光は、透明電極 24 a、液晶を透過して電極 24 b で反射された後、再度、液晶、透明電極 24 a を透過して光ディスク 8 に向かう。

【0020】反射型として位相補正素子を使用すれば、図 1 の立ち上げミラー 11 を位相補正素子 4 で置き換えることができるため部品点数が減り望ましい。しかし、位相補正素子 4 に入射する光はほぼ  $45^\circ$  の入射角度で液晶を 2 度通過するため、透過型の場合と異なる液晶セル間隔（液晶セルの中の液晶層の厚み）を設定する必要がある。

【0021】次に本発明における位相補正素子を用いることにより得られる効果を説明する。図 3 は、本発明における位相補正素子の分割電極の電極パターンの一例を示す模式的平面図であり、図 2 の電極 24 a をフォトリソグラフィ技術などを用いて 5 つの分割電極 31 ～ 35 に分割した。対物レンズにより光記録媒体に集光する光は位相補正素子を通過する際に、分割電極 31 ～ 35 および液晶 23 を透過する。分割電極 31 ～ 35 は例えば ITO 膜で形成されているが、図中実線に相当する分割電極間のギャップはエッチングなどにより ITO が取

り除かれているため分割電極 31 ~ 35 は各々異なる電圧に設定できる。

【0022】図 4 は、本発明における位相補正素子の分割電極間のギャップ付近の模式的断面図と実質的な屈折率分布を示すグラフである。図 4 (a) は 2 つの分割電極間のギャップ付近の模式的断面図であり、ガラス基板 40 の表面には分割電極である透明電極 41 a、41 b、絶縁膜 42、配向膜 43 が形成されている。透明電極 41 a、41 b の間には幅が W のギャップがあり、このギャップの領域の液晶には外部から電圧を印加できない。

【0023】透明電極 41 a、41 b に電圧を印加するとガラス基板表面の透明電極より液晶中に電界が生じるため、液晶分子 44 はガラス基板の表面にほぼ垂直に配向する。電界の方向および電界強度は電気力線 45 の方向および密度で表される。ギャップの領域における液晶分子の配向を決める外部電界には、透明電極 41 a、41 b からの漏れ電界だけが寄与する。

【0024】しかし、ギャップ幅 W が液晶セル間隔に比べ大きい場合には漏れ電界の強度は、透明電極との境界付近を除いてギャップの部分では弱くなるため、透明電極 41 a、41 b に電圧を印加しても液晶分子の配向方向はほとんど変化しないと考えられる。このとき、ギャップの透明電極付近とギャップの内側では液晶分子が異なる配向状態になるため、位相補正素子への入射光が感ずる実質的な屈折率分布は不均一となる。

【0025】図 4 (b) は、2 つの分割電極間のギャップ付近の実質的な屈折率分布を示すグラフである。ギャップ部分では液晶分子がガラス基板面にほぼ平行であり、透明電極部と比較して、実質的な屈折率は高くなっている。透明電極のギャップ付近とギャップ部分との液晶の実質的な屈折率差を  $\Delta\phi$  として液晶セル間隔を d、入射光の波長を  $\lambda$  とすると、 $\theta = 2\pi\Delta\phi \cdot d / \lambda$  なる位相差が生じる。

【0026】図 4 (a) の透明電極 41 a、41 b に電圧を印加することにより  $\Delta\phi$  が大きくなり  $\theta$  が  $\pi$  程度になった場合には、入射光はそのギャップと透明電極の境界付近で回折されるため実質的な透過率（回折されずに透過する部分）は低下する。漏れ電界に起因する分割電極間のギャップでの電界強度はギャップ幅 W の 2 ~ 3 乗に反比例する。本発明では、ギャップ幅 W を小さくすることにより漏れ電界の効果が強められ、分割電極間のギャップでの屈折率変化を小さくすることができる。

【0027】したがって、ギャップ幅 W が小さい場合電圧の印加により  $\Delta\phi$  が大きくなり  $\theta$  が  $\pi$  程度になって透過率は低下するが、ギャップ幅 W が小さい場合、ギャップでの屈折率変化が小さくなり回折効果が弱くなる結果、実質的な透過率は向上する。

【0028】一般にギャップ幅 W を小さくした方がギャップでの漏れ電界が強くなるために、回折による透過率

の低下は小さくなるが、ギャップ幅 W が小さくなる分 ITO などの透明導電膜のパターニング精度が厳しくなるため分割電極の作製が困難になる。したがって、位相補正素子の歩留まりがよい範囲で最小のギャップ幅になるよう分割電極を形成することがよく、例えば通常液晶素子が使用される実効電圧が 0 V から 6 V 範囲内で、7  $\mu$  m 以下とすることが現実的である。

【0029】また、液晶の常光屈折率と異常光屈折率の差  $\Delta n$  と液晶セル間隔 d の積が 0.5  $\mu$  m 以上の場合には、ギャップ幅 W を 7  $\mu$  m 以下とすることにより漏れ電界強度が増す結果  $\Delta\phi$  が小さくなり、位相差  $\theta$  が  $\pi$  以下になるので、回折効果が弱くなり透過率が向上して好ましい。さらにこの積が 0.5  $\mu$  m 以上のときギャップ幅 W を 5  $\mu$  m 以下とするとさらに漏れ電界強度が増す結果、位相差  $\theta$  は非常に小さくなり透過率がさらに向上して特に好ましい。

【0030】位相補正素子により光源からの出射光の波面を変化させて、波面収差であるコマ収差、球面収差および非点収差を補正する。図 3 に示した電極パターンは主にコマ収差を補正するための例であり、例えば光ディスクがチルトした場合でも、位相補正素子に適切な制御信号を出力することによりコマ収差が補正されて良好な再生信号を得ることができる。また、上述と同様な構成（図 1、図 2）、原理（図 4）により、電極パターンを図 5 のようにすることで、球面収差や非点収差を補正できる。

【0031】図 5 (a) は球面収差を補正する場合の分割電極の電極パターンの一例を示す模式的平面図である。この電極パターンを使用すると、光ディスクの厚みが増減しても、位相補正素子に適切な制御信号を伝送することにより良好な再生信号を得ることができる。図 5 (b) は非点収差を補正する場合の分割電極の電極パターンの一例を示す模式的平面図である。この電極パターンを使用すると、半導体レーザーや他の光学部品により発生する非点収差を補正できるため良好な再生信号を得ることができる。

【0032】以上のようにして、補正する波面収差に応じた電極パターンを形成し、分割電極間のギャップを 7  $\mu$  m 以下にすることにより、実質的な透過率が高い位相補正素子を得ることができる。

【0033】

【実施例】本実施例では図 1 に示す光ヘッド装置により光ディスク 8 に記録された情報を再生する。光ヘッド装置には、図 2 に示す断面図の構成を有する透過型の位相補正素子 4 が組み込まれており、光検出器 9 で得た信号を位相補正素子制御回路 10 にて処理し光ディスク 8 の半径方向のチルト量に応じた電気信号を発生させ、位相補正素子 4 を駆動させる。

【0034】位相補正素子 4 は、厚み 0.5 mm の無アルカリ性のガラス基板 21 a、21 b とエポキシを主成

分とするシール材 22 により構成される液晶セル構造を有しており、シール材 22 に含有されたガラス製のスペーサにより液晶セルの間隔が  $4.6 \mu\text{m}$  となっている。液晶セルの内部には常光屈折率と異常光屈折率の差が 0.2 のネマティック液晶が充填されており、ガラス基板 21a、21b の表面に施されたポリイミドの配向膜 26 により図 2 に示す紙面の左右方向に液晶分子 28 が配向している。

【0035】また、配向膜 26 とガラス基板の間には絶縁膜 25、ITO の電極 24a、24b が形成されており、電極 24a、24b は電極引出部 27 において位相補正素子制御回路 10 と接続線によって接続されている。電極 24b は分割のない様な電極であるのに対し、電極 24a の電極 24b と対向する部分はフォトリソグラフィ技術により図 3 に示す分割電極 31~35 に分割されている。

【0036】これらの分割電極の最外周は直径 4mm の円であり、対物レンズに入射する光はこの電極の領域内を透過する際に、分割電極 31~35 の各々に印加される電圧値に対応した位相シフトを光のそれぞれの領域で受ける。本実施例では、分割電極 33 に常に 2.5V の電圧を印加し、光ディスクのチルト量に応じて分割電極 31、32、34、35 に対し 2~3V の電圧を印加することにより、変形した光ディスクから良好な再生信号を得ることができた。

【0037】図 6 は、本実施例で使用した位相補正素子の光の透過率の印加電圧依存性を示すグラフであり、本実施例の分割電極間のギャップ幅 W は  $5 \mu\text{m}$  である。参考例としての従来のギャップ幅が  $10 \mu\text{m}$  のものの光の透過率も示す。従来の位相補正素子の構成は本実施例と同様であるが、分割電極間のギャップ幅が異なっている。測定に用いた光源は波長 650nm の半導体レーザーである。図 6 の透過率は、電圧 0V での対物レンズへの入射光量に対する、各電圧での入射光量の百分率で示してある。

【0038】参考例では 2.5V の電圧を印加した状態で、分割電極間のギャップでの散乱により透過率が 9% 程度低下したが、本実施例の位相補正素子の場合 2% 程度の低下にとどまった。

#### 【0039】

【発明の効果】以上のように、本発明の光ヘッド装置においては、液晶の位相補正素子を構成している基板上の分割電極間のギャップ幅を  $7 \mu\text{m}$  以下にすることにより、液晶素子で通常使用される範囲で任意の印加電圧に

おいて高い光の透過率を得ることができ、したがって良好な再生信号を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光ヘッド装置の原理構成の概念的断面図である。

【図 2】本発明における位相補正素子の断面図である。

【図 3】本発明における位相補正素子の分割電極の電極パターンの一例を示す模式的平面図である。

【図 4】本発明における位相補正素子の分割電極間のギャップ付近の模式的断面図と実質的な屈折率分布を示すグラフであり、(a) は 2 つの分割電極間のギャップ付近の模式的断面図であり、(b) は 2 つの分割電極間のギャップ付近の実質的な屈折率分布を示すグラフである。

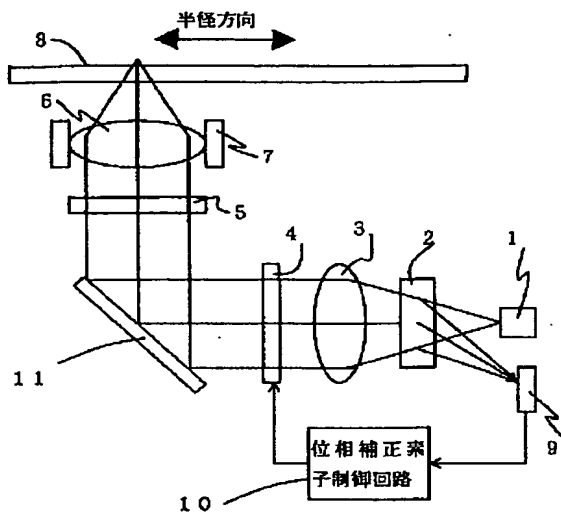
【図 5】本発明における位相補正素子の分割電極の電極パターンの一例を示す模式的平面図であり、(a) は主に球面収差を補正する場合であり、(b) は主に非点収差を補正する場合である。

【図 6】本実施例で使用した位相補正素子の光の透過率の印加電圧依存性を示すグラフである。

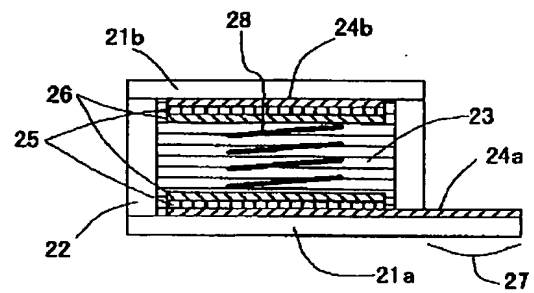
#### 【符号の説明】

- 1 : 半導体レーザー
- 2 : 偏光ビームスプリッタ
- 3 : コリメートレンズ
- 4 : 位相補正素子
- 5 : 4 分の 1 波長板
- 6 : 対物レンズ
- 7 : アクチュエータ
- 8 : 光ディスク
- 9 : 光検出器
- 10 : 位相補正素子制御回路
- 21a、21b : ガラス基板
- 22 : シール材
- 23 : 液晶
- 24a、24b : 電極
- 25、42 : 絶縁膜
- 26、43 : 配向膜
- 27 : 電極引出部
- 28、44 : 液晶分子
- 31~35 : 分割電極
- 40 : ガラス基板
- 41a、41b : 透明電極
- 45 : 電気力線

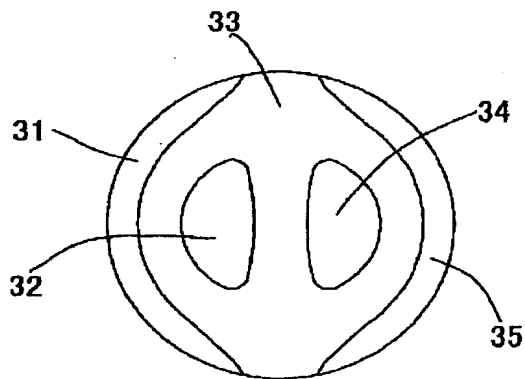
【図 1】



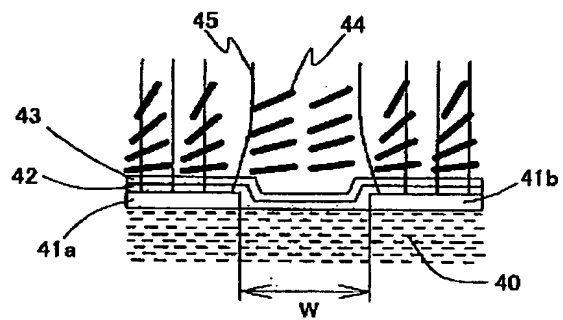
【図 2】



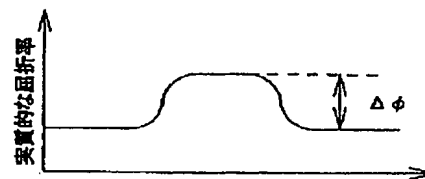
【図 3】



【図 4】

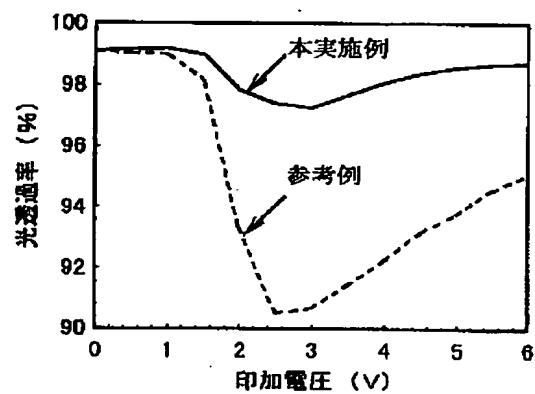


(a)

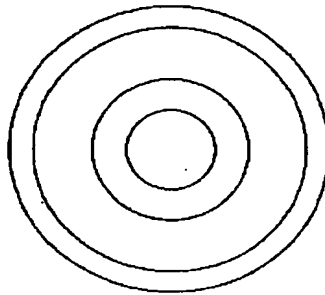


(b)

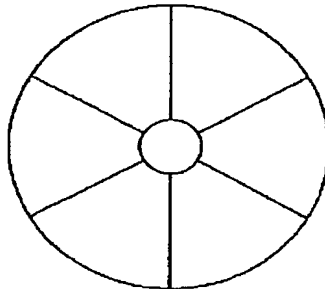
【図 6】



【図5】



(a) 球面収差を補正する場合



(b) 非点収差を補正する場合